

Henri Hyökki

# KNX-järjestelmän suunnittelun ohjeistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

21.05.2014

Tekijä Otsikko	Henri Hyökki KNX-järjestelmän suunnittelun ohjeistus
Sivumäärä Aika	33 sivua + 3 liitettä 21.5.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	rakennusten sähkö- ja tietotekniikka
Ohjaajat	lehtori Jarmo Tapio toimitusjohtaja Timo Tenninen
<p>Opinnäytetyössä oli tarkoitus perehtyä KNX-järjestelmään, sillä saavutettavaan energiansäästöön sekä luoda aineistoa suunnittelijoiden käyttöön taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon TATE12 mukaisiin projekteihin. Opinnäytetyön alussa perehdyttiin KNX-järjestelmän perusteisiin sekä energiansäästöön tehtyjen projektien, kirjallisuuden, verkkolähteiden sekä laiteomittajien kautta.</p> <p>Teoriaosuudessa esitellään aluksi KNX-järjestelmän perusteet ja käydään läpi järjestelmässä käytettäviä komponentteja. Rakennusautomaatiojärjestelmille on standardissa esitetty tehokkuusluokkia, joiden vaatimuksia tutkitaan. Lisäksi selvitetään kerättyjen tutkimuksien perusteella, minkälaiseen energiansäästöön KNX-järjestelmällä voidaan yltää.</p> <p>Suunnittelun ohjeistus käydään läpi taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon TATE12 mukaisesti. Tehtäväluettelon mukaisissa vaiheissa, tarveselvityksestä aina takuu-aikaan, esitetään suunnittelijalta vaadittavia toimenpiteitä sekä suunnitelmien valmiutta KNX-järjestelmän osalta.</p> <p>Hyvin suunniteltuna KNX-järjestelmä on luotettava, toimintavarma ja sillä voidaan säästää energiankulutuksessa. Työ antaa suunnittelijalle tarvittavat tiedot KNX-järjestelmästä ja sen eduista. Lisäksi se ohjeistaa luomaan tarvittavat suunnitelmat TATE12:n mukaisissa projekteissa.</p>	
Avainsanat	KNX, kiinteistöautomaatio, rakennusautomaatio, energiansäästö, suunnittelu

Author Title	Henri Hyökki Design guidelines for a KNX bus system
Number of Pages Date	33 pages + 3 appendices 21 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Electrical Engineering of Building Services
Instructors	Jarmo Tapio, Senior Lecturer Timo Tenninen, Managing Director
<p>The purpose of this study was to gather basic information about a KNX bus system and create a guidance material for designers that can be used in projects based on “<i>Scope of work in building services design, TATE12</i>”.</p> <p>The basics of a KNX bus system were studied with the focus on the energy saving potential. Basic information about KNX bus system components, topology and applications were gathered. Various studies about the energy saving potential of building automation systems were studied.</p> <p>Standards for an A-class energy performance and applications for achieving energy savings with a KNX bus system were presented. Guidelines for tasks and documentations that are required from a designer in each phase of a project based on TATE12 were explained.</p> <p>As a result The Bachelor’s thesis gives the reader the basic knowledge of a KNX bus system and guides the reader in the creation of the documentation for an implementation. A carefully designed KNX bus system is a reliable and functional solution for a building automation system that can be considered as an investment for the future.</p>	
Keywords	KNX, documentation, energy saving, building automation

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	KNX-järjestelmä	3
2.1	KNX-yhdistys	3
2.2	Käyttösovelluksia	3
2.3	KNX-järjestelmän komponentit	4
2.4	Tiedonsiirtoväylät ja topologia	7
3	Energiansäästö	11
3.1	Rakennusten energiankäyttö	11
3.2	Eurooppalainen standardi EN 15232	12
3.3	Energiansäästöpotentiaali	14
4	Käyttösovellukset	16
4.1	Valaistuksen ohjaus	16
4.2	Verhomoottoriohjaukset	17
4.3	LVI-järjestelmien ohjaus	17
4.4	Sähköenergianmittaus	18
5	Esimerkkikohteet Suomessa	18
6	KNX-suunnittelun ohjeistus	20
7	KNX-järjestelmän tulevaisuus Suomessa	28
8	Yhteenveto	30
	Lähteet	32

### Liitteet

Liite 1. Toimintokortti (ST 701.31)

Liite 2. KNX-pisteluettelo (ST 701.31)

Liite 3. Tarkastustaulukot (ST 701.31)

## Lyhenteet

ANSI	American National Standards Institute, organisaatio, joka valvoo standardien kehittymistä Yhdysvalloissa
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, kehittää LVI-alan standardeja Yhdysvalloissa
BatiBUS	Standardin NFC 46620 mukainen Merlin Gerin yhtiön tekemä rakennusautomaation kenttäväylä.
BUS	Nimitys automaatiotekniikan väylälle.
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö.
CO2	Hiilidioksidin molekyylikaava
DALI	Digital Adressable Lighting Interface, standardoitu digitaalinen valaistuksen ohjausväylä.
EHSA	European Home Systems Association, EHS (European Home Systems) -protokollan kehitykseen keskittynyt yhdistys. KNX-yhdistyksen perustajia.
EIB	European Installation Bus, hajautettu väylätekniikka. Pohjana KNX-järjestelmälle.
EIBA	European Installation Bus Association, EIB-kenttäväylän virallinen yhdistys.
ETS	Engineerin Tool Software, ohjelmisto KNX-järjestelmän ohjelmointiin
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio

ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö
KNX	Standardoitu rakennusautomaation tietoliikenneprotokolla
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design, yhdysvaltalainen ympäristöluokitusjärjestelmä.
RF	Radio frequency, radiotaajuus, sähkömagneettisen säteilyn taajuusalue 3 kHz – 300 GHz
TATE 95	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo, tarkoitettu talotekniikan ja suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Julkaistu 1.6.1995.
TATE12	Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo, tarkoitettu talotekniikan ja suunnittelutehtävien sisällön ja laajuuden määrittelyyn. Julkaistu 19.12.2013
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol, TCP- ja IP-tietoverkkoprotokollien yhdistelmä.
UPS	Uninterruptible Power supply, järjestelmä tai laite joka takaa häiriöttömän sähkönsyötön lyhyissä sähkökatkoissa.
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.

## 1 Johdanto

Euroopan unionin antama direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta määrittelee menetelmiä, joiden avulla vuodesta 2021 alkaen uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia. Tämä asettaa älykkäät ohjausjärjestelmät suureen rooliin tulevaisuudessa energian kulutuksen minimoinnin tavoittelussa. Energiansäästön lisäksi vaaditaan parempaa käyttömukavuutta. Pelkästään määräykset ja vaatimukset eivät yksinään ole saaneet yrityksiä ja ihmisiä muuttamaan energiankäyttötottumuksiaan. Ilmastonmuutos ja lisääntyneet kasvihuonepäästöt puhuttavat ympäri maailmaa, ja keino näiden vähentämiseksi on pienentää energiankulutusta. Maailman energiankulutuksesta suuri osa muodostuu rakennuksien käyttämästä energiasta.

KNX-järjestelmä on kasvava ja maailmanlaajuinen avoimen standardin kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Oikein suunniteltuna ja toteutettuna järjestelmällä on mahdollista toteuttaa energiatehokas ja luotettava kiinteistöautomaation kokonaisuus. KNX-järjestelmän sertifioituja tuotteiden valmistajia on jo yli 300 tarjoten noin 7 000 laitetta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tiukka tuotteiden sertifiointi takaa kaikkien laitteiden yhteensopivuuden keskenään, joten järjestelmä ei ole sidottu yhteen valmistajaan. Kaikkien valmistajien tuotteiden ohjelmointi onnistuu yhdellä ohjelmistolla.

Järjestelmällä voidaan toteuttaa esimerkiksi automaattinen valaistusohjaus, jossa valaistusvoimakkuutta mitataan ja ohjataan vakiovaloanturilla. Samainen anturi sytyttää valot liiketunnistuksen tai läsnäolon perusteella, tiputtaa valaistuksen 15 minuutin kuluttua viimeisestä tunnistuksesta 20 %:iin, ja lopulta valot sammutetaan, kun liikettä ei ole havaittu puoleen tuntiin. Samalla tunnistimella voidaan ohjata myös tilan lämmitystä, jäähdytystä ja ilmanvaihtoa. Integroimalla useita toimintoja samaan järjestelmään, säästetään paitsi energiankulutuksessa, myös asennuskustannuksissa.

Tässä työssä on tarkoitus tutustua ja esitellä KNX-järjestelmän perusteita ja käyttötapoja sekä luoda suunnittelun ohjeistus taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon TATE12 pohjalta. KNX-järjestelmän komponentteja, käyttösovelluksia ja toimintaperiaate esitellään. Suunnittelun ohjeistuksessa selvitetään, minkälaisia tehtäviä ja suunnitelmia suunnittelijalta vaaditaan KNX-järjestelmän osalta projektin eri vaiheissa. Järjestelmällä saavutettavat energiansäästöt ovat työssä suuressa roolissa.

Rakennusautomaatiojärjestelmille on standardissa esitetty tehokkuusluokkia, joiden vaatimuksia tutkitaan. Lisäksi selvitetään, minkälaiseen energiansäästöön KNX-järjestelmällä voidaan yltää.

Insinööritoimisto Lausamo Oy:llä suunnitellaan kohteita, joissa käytetään KNX-järjestelmää. Tämän työn tavoitteena on luoda aineisto ja ohjeistus yrityksen käyttöön. Aineisto toimii suunnittelijan apuvälineenä projekteissa, joissa on tarkoitus suunnitella käyttäjän tarpeita palveleva, energiatehokas ja toimintavarma KNX-järjestelmä.



## 2 KNX-järjestelmä

### 2.1 KNX-yhdistys

KNX-järjestelmä pohjautuu vuonna 1990 perustetun European Installation Bus Association (EIBA) -yhdistyksen kehittämään European Installation Bus (EIB) -kenttäväylätekniikkaan. EIBA-yhdistyksen perusti 15 tunnettua sähköalan valmistajaa tarkoituksenaan tuoda BUS-väylätekniikkaa sähköasennusmarkkinoille. Vuonna 1999 EIBA yhdistyi ranskalaisen BatiBUS- ja sveitsiläisen European Home Systems Association (EHSA) -yhdistyksien kanssa ja näin muodostui nykyinen yhdistys, KNX-Association. Tästä eteenpäin järjestelmää markkinoitiin EIB/KNX-nimikkeellä, mutta nykyään järjestelmä kulkee pelkällä KNX-nimikkeellä [1, s. 53.]

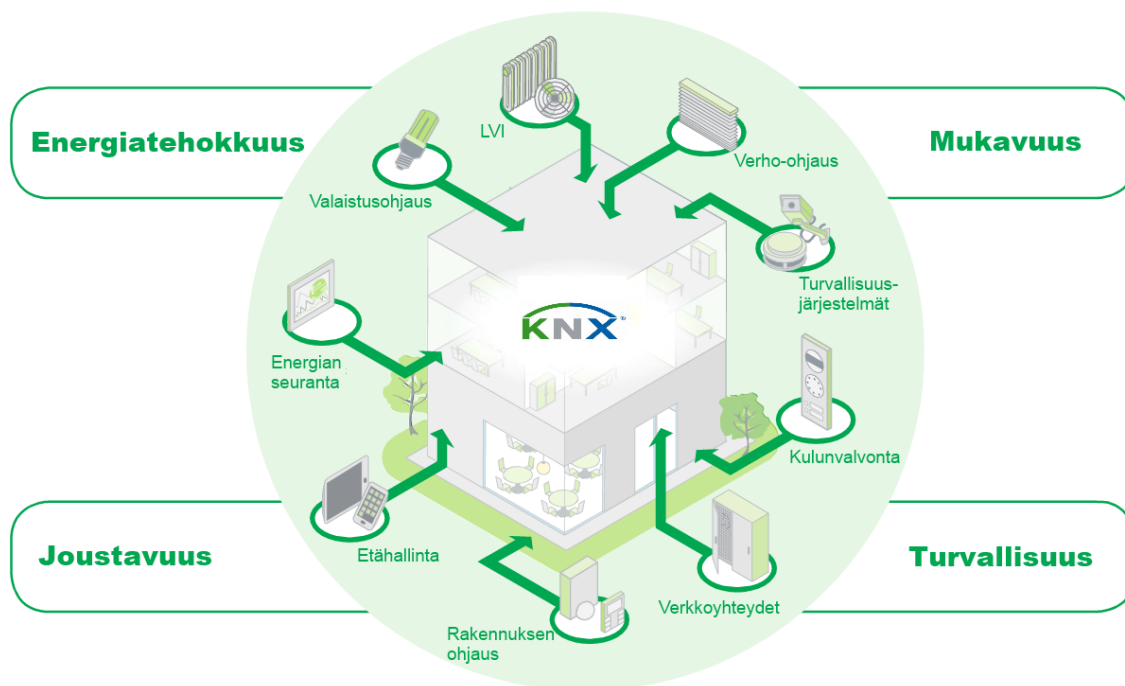
KNX-järjestelmä on maailmanlaajuinen, standardoitu ja avoin rakennusautomaatiojärjestelmä. Standardoinnin myötä varmistetaan, että eri valmistajien tuotteet ovat keskenään yhteensopivia. Tuotteiden valmistajia on nykyään yli 300, ja tarjoavat yhteensä yli 7 000 tuotetta erilaisiin sovelluksiin. KNX on hyväksytty osaksi seuraavia standardeja:

- Kansainvälinen standardi, ISO/IEC14543-3
- Eurooppalaiset standardit, CENELEC EN50090, CEN EN 13321-1 ja 13321-2
- Kiinalainen standardi, Chinese Standard, GB/T 20965
- Amerikkalainen standardi, ANSI/ASHRAE 135. [2]

### 2.2 Käyttösovelluksia

Nykyään vaaditaan yhä enemmän mukavuutta, toimintoja ja eri järjestelmien integrointia työympäristöissä, julkisissa rakennuksissa ja jopa kotona. Yleensä jokaiselle järjestelmälle on oma toimittaja ja näin ollen omat järjestelmäkomponentit, väylärakenteet ja erilaiset ohjelmointitavat. Rajapintojen määrittäminen on haastavaa ja käyttöönotto aikaa vievää. KNX-järjestelmällä voidaan nykyään yhdistää monet kuvan 1 mukaiset sovellukset yhdeksi toimivaksi ja älykkääksi järjestelmäksi, jolloin eri osa-alueet saadaan keskustelemaan keskenään. KNX muuntautuu omakotitaloista

monipuolisiin ja haastaviin toimitiloihin, sekä paikallisista kouluista kansainvälisiin lentokenttiin. Kohteen koosta riippumatta KNX säilyttää edelleen helppokäyttöisyyden ja muuntojoustavuuden, kasvattaen samalla rakennuksen energiatehokkuutta. [2]



Kuva 1. KNX-järjestelmään liitettävä alajärjestelmät.

### 2.3 KNX-järjestelmän komponentit

KNX-järjestelmä ei tarvitse erillistä keskusyksikköä toimiakseen, vaan äly tai ohjelmoidut toiminnot on hajautettu kentälaitteille. Jokainen kentälaitte keskustelee ja vaihtaa tietoa muiden laitteiden kanssa väylän välityksellä. Laitteet voidaan lajitella seuraavasti neljään eri tyyppiin: järjestelmäkomponentit, anturit, toimilaitteet ja muut laitteet. Toimiva järjestelmä edellyttää vähintään yhtä laitetta kustakin kolmesta ensimmäiseksi mainitusta ryhmästä. [3, s. 5.]

#### Järjestelmäkomponentit

Järjestelmäkomponentteihin (kuva 2) kuuluu erilaiset virtalähteet, linja-/alueyhdistimet sekä USB (Universal Serial Bus) -rajapinta. Virtalähde tarvitaan aina kun halutaan luoda KNX-väylä. Se syöttää KNX-järjestelmän väylään 30 VDC:n jännitteen, jonka kentälaitteet tarvitsevat toimiakseen. Virtalähteitä on eritehoisia, mutta yleisesti

käytetään 640 mA:n virtalähdettä, jolla voidaan tuottaa virta 64 laitteelle (enimmäisvirrankulutus laitteella voi standardin mukaan olla 10 mA). Kun väyläjännite on tarvetta turvata sähkökatkoksen sattuessa, voidaan käyttää akkuvarmenteista UPS (Uninterruptible Power Supply) -virtalähdettä. Jotkin toimilaitteet voivat lisäksi tarvita erillisen 12 VDC:n tai 24 VDC:n virtalähteen toimiakseen.

KNX-järjestelmän sisältäessä luvun 2.4 mukaisesti useampia linjoja tai alueita käytetään niiden yhdistämiseen linjayhdistimiä. Alueyhdistimet ja linjayhdistimet ovat samoja laitteita ja niiden toiminta määräytyy sen mukaan, kumpaan tarkoitukseen niitä käytetään. Linjayhdistintä voidaan käyttää myös linjatoistimena. TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) -väylämuuntimella voidaan korvata linja- ja alueyhdistimiä, jolloin KNX-väylän tietoa voidaan välittää nopeamman TCP/IP-verkon kautta tai KNX-järjestelmän ohjelmointi voidaan hoitaa verkon kautta. Ilman KNX-järjestelmän yhdistämistä TCP/IP-verkkoon, käytetään ohjelmointiin USB-rajapintaa. [4, s. 42–44.]



Kuva 2. Järjestelmäkomponentteja, oikealta vasemmalle: linjayhdistin, 640 mA:n virtalähde ja USB-rajapinta [4, s. 42–44].

## Anturit

Anturit (kuva 3) välittävät väylään käskyjä KNX-järjestelmän ulkopuolelta. Tällainen voi olla esimerkiksi painonapin painaminen. Painonappi voi olla suoraan väyläliitännällä varustettu tai sitten tavallinen painonappi, jonka painalluksesta menee tieto binäärivastaanottimelle. Binäärivastaanotin välittää halutun toiminnon väylään toimilaitteiden käyttöön. Yhdellä anturin viestillä voidaan ohjata montakin toimilaitetta toimimaan samanaikaisesti. Antureihin kuuluvat myös termostaatit, sääasemat sekä langattomat radiotaajuustekniikkaa käyttävät painikkeet. Yleensä anturit eivät tarvitse

toimiakseen muuta kuin väyläjännitteen, mutta esimerkiksi sääasema tarvitsee erillisen 230 VAC:n käyttöjännitteen. [4, s. 50–54.]



Kuva 3. Antureita; vasemmalla Busch Triton-huonesäädin painonapeilla ja oikealla 4-kanavainen binäärivastaanotin [4, s. 53, s. 78].

### Toimilaitteet

Toimilaitteet (kuva 4) ottavat vastaan antureiden väylää pitkin välittämiä käskyjä ja tekevät niille määrättyjä toimintoja. Toimilaitteisiin kuuluvat muun muassa kytkintoimilaitteet, valonsäätimet, verhomoottoriohjaimet, lämmityksen ja jäähdytyksen ohjausyksiköt sekä erilaiset väylämuuntimet. Kytkintoimilaitteilla voidaan kytkeä kuormia päälle tai antaa kosketintietoja ulkopuolisiin järjestelmiin. Valonsäätimillä säädetään valaistusta yleissäätimillä tai esimerkiksi DALI (Digital Addressable Lighting Interface) -väylämuuntimella DALI-liitäntälaitteella varustettuja valaisimia. Verhomoottoriohjaimet hoitavat sälekahtimia, pimennysverhoja tai muita erikoisempia moottoriohjauksia kuten moottorikäyttöisiä koripallotelineitä tai esirippuja. [4, s. 56, s. 60, s. 63.]



Kuva 4. Toimilaitteita: vasemmalla 16-kanavainen kytkinyksikkö ja oikealla KNX/DALI-säädin [4, s. 58, s. 67].

## 2.4 Tiedonsiirtoväylät ja topologia

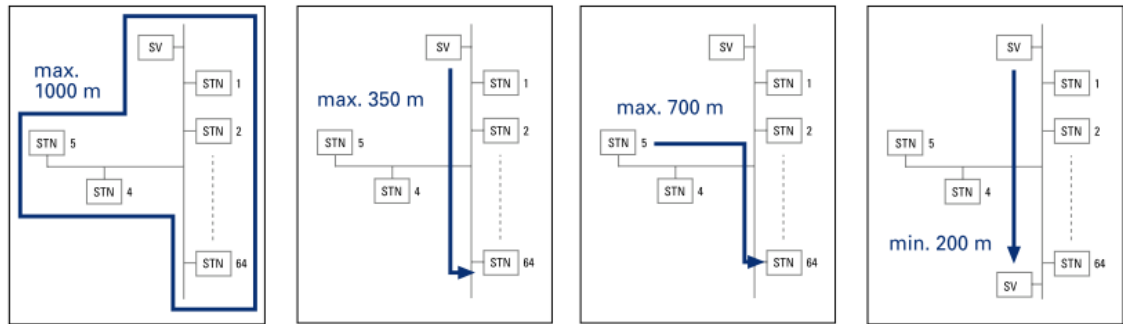
Siirtotapana KNX-järjestelmässä voidaan käyttää parikaapelia (TP, Twisted pair, kierretty parikaapeli), 230 V:n sähköverkkoa (KNX PL 110), radioverkkoa 868 MHz: taajuudella (RF, Radio frequency) tai Ethernet-verkkoa (IP, Internet protocol). Näistä parikaapelointi on yleisin ja luotettavin siirtotapa [1, s. 60]. Kaikkia siirtotapoja voidaan käyttää samassa järjestelmässä, mutta tällöin tarvitaan väliin mediamuuntimia, jotka kykenevät välittämään tietoa eri siirtoväylän laitteille. [6, s. 6–7.]

### Väyläkaapeli, kierretty parikaapeli

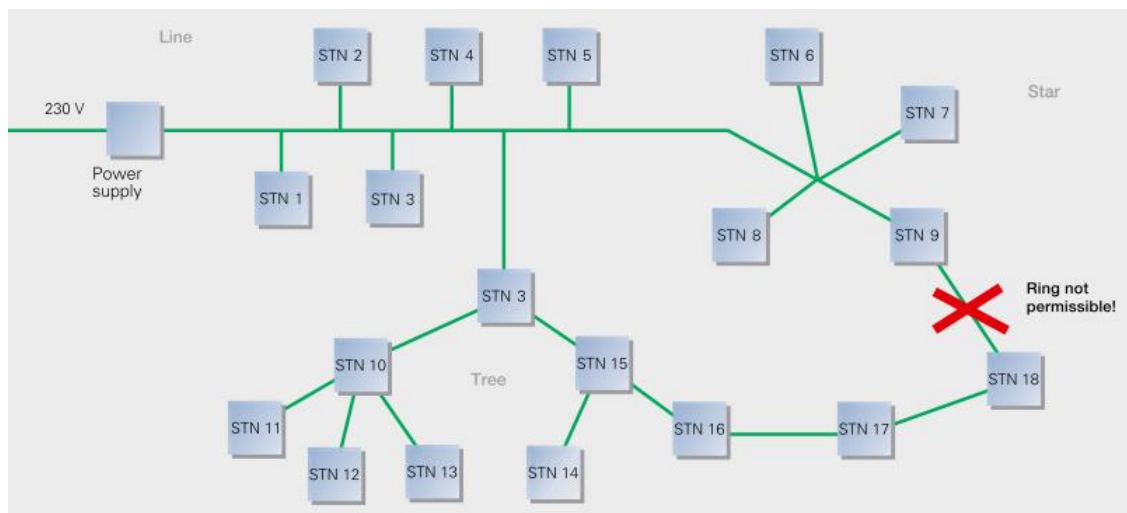
Väyläkaapelia pitkin laitteet välittävät tietoa keskenään sekä saavat virtalähteen synnyttämän käyttöjännitteen, joka on suuruudeltaan 29 VDC. Tiedonsiirtonopeus väyläkaapelissa on 9,6 kbit/s, jolloin väylässä kulkevan sanoman viiveeksi muodostuu 25 ms [7, s. 29]. Kaapelina suositellaan käytettäväksi sertifioitua väyläkaapelia malliltaan YCYM 2x2x0,8, joka on suojattu kierretty parikaapeli. Johtimen halkaisija on 0,8 mm. Käyttämällä sertifioitua kaapelia varmistetaan järjestelmän toimivuus edellyttäen, että muitakin ohjeistuksia noudatetaan. Suomessa käytetään yleisesti kaapelia KLMA 4x0,8+0,8 KNX-järjestelmän väyläkaapelina. [3, s. 7.]

KNX-järjestelmän topologia muodostuu väyläkaapelia käytettäessä linjoista ja alueista. Pienin mahdollinen asennusyksikkö on linja, ja sillä voidaan yhdistää enintään 64 laitetta. Laitteiden enimmäismäärän linjassa määrittää käytettävä virtalähde ja laitteiden virrankulutus. Yksi linja voidaan laajentaa neljään linjasegmenttiin linjavahvistimilla, jolloin kussakin linjasegmentissä tulee olla oma virtalähde ja siinä voi olla enintään 64 laitetta. [7, s. 25.]

Linjan tai linjasegmenttien väyläkaapelin pituuteen ja kaapeloinnin toteutustapaan on tiettyjä rajoitteita. Yhden linjan tai linjasegmentin yhteenlaskettu enimmäispituus ei saa olla enempää kuin 1 000 metriä. Virtalähteen ja kauimmaisen väylälaitteen välinen etäisyys saa olla enintään 350 metriä sekä kahden väylälaitteen etäisyys enintään 700 metriä (kuva 5). Kahden virtalähteen välinen etäisyys taas tulee olla vähintään 200 metriä. Kaapeloinnin topologia tulee olla kuvan 6 mukaisesti linjamainen, puurakenteinen tai tähtimäinen. Suljettu rengasrakenne ei ole sallittu, koska signaali voi jäädä rengasrakenteeseen kiertämään. [3, s. 7.]



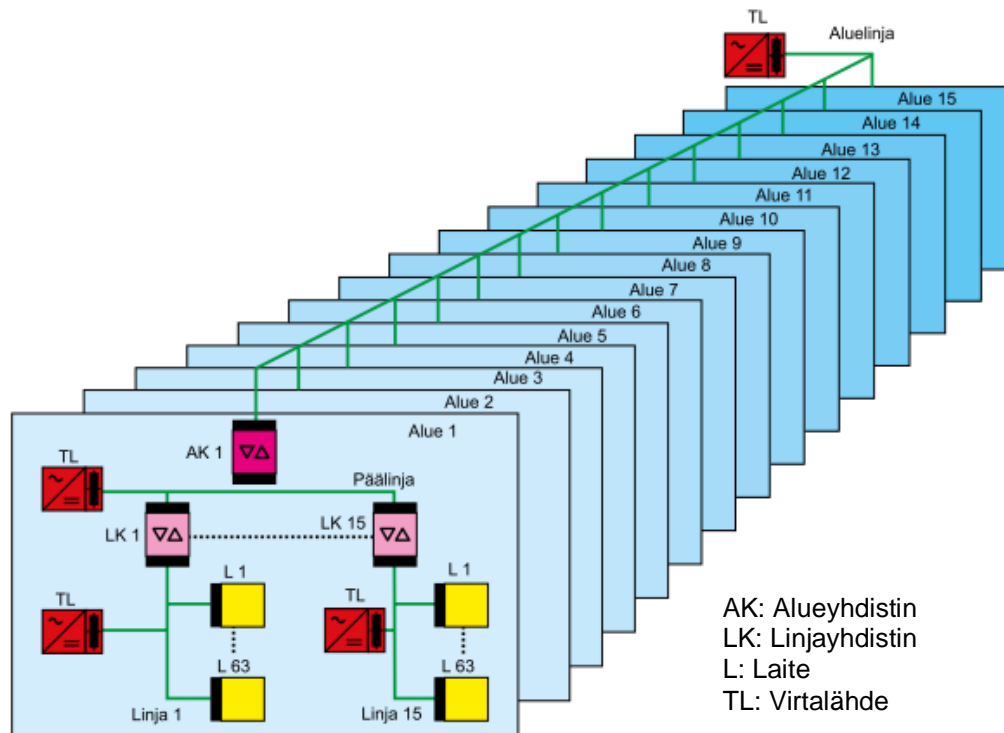
Kuva 5. KNX-järjestelmän väylärakenteen maksimipituudet [3, s. 7.]



Kuva 6. KNX-väylän kaapelointitopologia [3, s. 7.]

Jos järjestelmässä käytetään enemmän kuin 64 laitetta tai rakennuksen eri osioita halutaan jakaa omiksi osa-alueiksi, voidaan linjoja yhdistää päälinjaan linjayhdistimillä. Päälinja tarvitsee oman virtalähteensä, ja siihen voidaan liittää enintään 15 linjaa, joista muodostuu alue (kuva 7). Päälinjan kautta eri linjojen laitteet voivat välittää tietoja toisilleen. Päälinjaa ei voida jatkaa linjatoistimilla linjasegmenteiksi. [7, s. 27.]

15 aluetta voidaan edelleen yhdistää alueyhdistimillä runkolinjaan, joka on varustettu omalla virtalähteellä. Kaiken kaikkiaan yhdessä KNX-järjestelmässä voi olla 57 375 laitetta. [7, s. 27.]



Kuva 7. KNX-järjestelmän jako alueisiin ja linjoihin

### Sähköverkko siirtotienä

230 V:n sähköverkkoa voidaan myös käyttää siirtotienä KNX-järjestelmässä. Tätä tiedonsiirtotapaa kutsutaan nimellä KNX-PL 110 ja viesti kuljetetaan sähköverkossa taajuusvälillä 105,6–115,2 kHz, jolloin se ei häiritse muita verkon laitteita. Siirtonopeus sähköverkossa on 1,2 kbit/s, jolloin sanoman siirto kestää 130 ms. Väylän laitteet eivät tarvitse erillistä virtalähdettä, koska ne saavat käyttöjännitteen sähköverkosta. Samassa kaapelissa kulkee myös sanomat vaihejohtimen ja nollajohtimen välillä. KNX-PL 110 -järjestelmän topologia on hyvin samanlainen kuin käytettäessä kierrettyä parikaapelia. Se koostuu enintään 15:sta linjasta, joissa kussakin voi olla enintään 255 laitetta sekä alueista, joita voi olla enintään kahdeksan. Linjojen pituudella ei käytännössä ole rajoituksia. Sähköverkkoa käytetään siirtotienä yleisesti vain Saksassa. [7, s. 34–37.]

## Radiotaajuus siirtotienä

Radiotaajuuden käyttäminen siirtotienä on myös yleinen tapa tiedon välitykseen ja sitä käytetään yleensä osana jotakin toista siirtotapaa. KNX-radiojärjestelmässä tiedonsiirto tapahtuu 868,30 MHz:n taajuudella. [7, s. 40–41.]

## IP-verkko siirtotienä

TCP/IP-verkkoa voidaan käyttää KNX-järjestelmän päälinjana suurissa kokonaisuuksissa, joissa on tarvetta suurille tiedonsiirtonopeuksille. Tällöin perinteiset linja- ja alueyhdistimet korvataan IP-linjayhdistimillä ja linjoja voi olla yhdessä IP-verkossa 225. IP-linjayhdistimen jälkeen käytetään muita KNX-järjestelmän siirtoteitä, kuten kierrettyä parikaapelia, jolla yhdistetään toimilaitteet toisiinsa. Samaan IP-verkkoon voidaan liittää tietokone ja tätä kautta voidaan hoitaa KNX-järjestelmän ohjelmointi. [8, s. 20.]

Jos järjestelmä liitetään internettiin, voidaan KNX-järjestelmää hallita etäyhteydellä. Etäyhteyden kautta voidaan mm. seurata järjestelmän tietoja, tehdä kytkentätoimintoja KNX-laitteissa sekä tehdä muutoksia ohjelmointiin. [8, s. 20.]

## Fyysinen osoite

Ohjelmoinnin kautta komponenteille annetaan fyysinen osoite, joka toimii laitteen yksilöllisenä tunnisteena. Osoite esitetään esimerkiksi muodossa 3.2.26. Osoite osoittaa, että laite sijaitsee alueen kolme linjassa kaksi ja on kyseisen linjan laite numero 26. Ohjelmointi suoritetaan ETS (Engineering Tool Software) -ohjelmistolla valmistajien laitetietokantoja hyväksikäyttäen. Ohjelmointia ei käsitellä tässä työssä. [3, s. 14.]



### 3 Energiansäästö

#### 3.1 Rakennusten energiankäyttö

Euroopan komission tilastojen mukaan EU-alueen rakennusten energiankulutus on 40 % kaikesta energiankulutuksesta, ja tästä aiheutuu 36 % EU-alueen CO<sub>2</sub>-päästöistä. Tämä pitää sisällään asuin- ja toimistorakennuksien lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen energiankulutuksen. [9]

EU:ssa kukin jäsenmaa huolehtii itse energiapolitiikastaan. EU:n sisäinen yhteistyö ja energiaa koskevien tavoitteiden asettaminen on kuitenkin tiivistynyt vuosien myötä. Lissabonin sopimuksen voimaantulo loi energiapolitiikalle selkeämmän oikeudellisen perustan. EU:n ilmasto- ja energiapolitiikasta annettiin merkittävä lainsäädäntöpaketti huhtikuussa 2009. Tämä niin kutsuttu 20–20–20-tavoite tarkoittaa, että vuoteen 2020 mennessä tulee EU:n energiankulutuksesta 20 % saada uusiutuvista lähteistä, EU:n kasvihuonekaasupäästöjä tulisi vähentää 20 % sekä energiatehokkuutta lisätä 20 % vuoden 1990 arvoihin verraten. [10]

Euroopan parlamentti ja neuvosto antoi direktiivin 2002/91/EU, joka ehdottaa menettelytapoja rakennusten energiatehokkuuteen, joilla pyritään 20–20–20-tavoitteisiin. Vuonna 2010 annettu direktiivi 2010/31/EU tiukensi menetelmiä ja kumosi direktiivin 2002/91/EU. Uusin direktiivi edellyttää jäsenmaita hyväksymään kansallisella tai alueellisella tasolla rakennusten energiatehokkuuden laskentamenetelmän, jossa otetaan erityisesti huomioon

- rakennuksen lämpöominaisuudet
- lämmityslaitteet ja lämpimän veden jakelu
- ilmastointilaitteet
- kiinteä valaistusjärjestelmä
- sisäilmasto-olosuhteet.

Myös rakennusautomaatio- ja valaistusohjausjärjestelmiä koskevia, huomioon otettavia seikkoja ovat paikallisen auringonvalon määrän ja päivänvalon myönteinen vaikutus.

Direktiivin myötä komissio pyrkii tavoitteeseen, jossa kaikkien uusien rakennusten on oltava lähes nollaenergiarakennuksia 31.12.2020 eteenpäin. Viranomaisten käyttämien ja omistamien rakennuksien on vastattava näitä vaatimuksia kahta vuotta aikaisemmin, 31.12.2018 lähtien. [10]

### 3.2 Eurooppalainen standardi EN 15232

Rakennusautomaatiolla ja hallintajärjestelmillä on suuri rooli direktiivin ehtojen täyttymisessä. Niinpä direktiivin 2002/91/EU käyttöönoton yhteydessä laadittiin Eurooppalainen standardi EN 15232 ("Energian käyttö rakennuksissa. Rakennusautomaation ja rakennushallinnan ohjauksen vaikutus"). Standardissa esitetään menetelmiä, joilla arvioidaan rakennusautomaatiojärjestelmien ja rakennuksen hallintajärjestelmien vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen ja energian käyttöön [11, s. 8]. Menetelmiä voi käyttää niin tilaaja, rakennuttaja, arkkitehti kuin suunnittelijakin uusiorakennus- sekä korjausrakennuskohteissa. Menetelmien perusteella voidaan rakennukselle määrittellä tavoiteltava rakennusautomaation tehokkuusluokka ennen suunnittelun aloittamista, joka ohjeistaa suunnittelua ja järjestelmien valintaa. Vanhan rakennuksen tehokkuusluokka voidaan määrittellä mahdollisia energiakatselmuksia varten. [13, s. 10.]

Standardi jakaa rakennuksen rakennusautomaation ja rakennushallinnan ohjausjärjestelmät neljään teholuokkaan, A-, B-, C- ja D-luokka (kuva 8). Lämpö- ja jäähdytysenergian sekä sähköenergian vaikutukset kulutukseen on jaettu vielä rakennuksen käyttötarkoituksen mukaisesti. C-luokkaa käytetään vertailuarvona jokaisessa tapauksessa. Koulurakennuksessa, joka on toteutettu A-luokan rakennusautomaatiojärjestelmällä, voidaan päästä 20 %:n säästöihin lämmitysenergiassa. Toteutettuna huonoimman eli D-luokan mukaan voi koulurakennuksen kulutus kasvaa 20 %. Kuvassa 9 on lueteltu järjestelmiltä vaadittuja toimintoja kussakin tehokkuusluokassa. [12, s. 6–7.]

Energialuokat, SFS-EN 15232		Säästömahdollisuudet lämmitysenergiassa			Säästömahdollisuudet sähkönkulutuksessa		
		Toimisto	Koulu	Hotelli	Toimisto	Koulu	Hotelli
A	Erittäin energiatehokas rakennusautomaatio ja liityntä kälteistövalvomoon	0,70	0,80	0,68	0,87	0,86	0,90
B	Edistynyt rakennusautomaatio, osittainen liityntä kälteistövalvomoon	0,80	0,88	0,85	0,93	0,93	0,95
C	Väkiolosoinen rakennusautomaatio	1	1	1	1	1	1
D	Tehoton rakennusautomaatio, manuaalinen ohjaus	1,51	1,20	1,31	1,10	1,07	1,07

Kuva 8. Standardin EN 15232 mukainen kerroinmenetelmä automaation vaikutuksesta [12, s. 6–7].

A-tehokkuusluokka on korkein ja asettaa järjestelmille korkeimmat vaatimukset. Edellytyksenä on kokonaisvaltainen talotekniikan hallintajärjestelmä, jossa eri osaluokkien järjestelmät keskustelevalle keskenään ja kykenevät huomioimaan välitettyä informaatiota sekä välittävät tietoa valvomoon. Huonetasolla järjestelmien ohjaus ja säätö tulee perustua automaattiseen läsnäolotunnistukseen. Järjestelmässä tulee olla mahdollisuus muun muassa energiankulutuksen seurantaan, raportointiin ja analysointiin, sekä valittujen osien etäohjaukseen.

B-tehokkuusluokan edellytyksenä on rakennusautomaatiojärjestelmä, johon huonesäätimet on liitetty tiedonsiirtoyhteydellä. Huonetasolla ei edellytetä läsnäolotunnistusta LVI-järjestelmien osalta vaan esimerkiksi huonekohtaista lämpötilan mittaukseen perustuvaa ohjausta. Aikaohjelmalla voidaan järjestelmiä ohjata käyttöajan ja tarpeen mukaan.

C-tehokkuusluokka vastaa tavanomaista automaatiojärjestelmää ja sitä käytetään vertailuarvona muihin luokkiin nähden. Pääosin toteutustapana on huonekohtaisesti keskitetty ohjaus huonesäätimillä ja termostaateilla. Valaistuksen ohjaukseen riittää manuaalinen säätö sekä päälle/pois kytkentä.

D-tehokkuusluokan automaatiossa ei juurikaan ole kiinnitetty huomiota energiatehokkuuteen. Ohjausratkaisut ovat pääosin toteutettu manuaalisesti käytettävillä kytkimillä ja säätimillä. Standardin mukaan D-luokan rakennukset pitäisi perusparantaa, eikä uusia rakennuksia pitäisi D-luokan tasolla rakentaa.

	Lämmitys/jäähdytys	Ilmanvaihto/huonesäätö	Valaistus	Aurinkosuojaus
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rakennusautomaation valvomo vaatimuksena, huonekohtainen säätö tarpeen mukaan (käyttö, ilmanlaatu jne.)</li> <li>- Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva</li> <li>- Lämmityksen ja jäähdytyksen automaattinen ohjaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ilmanvaihdon säätö huone- tasolla läsnäolon tai tarpeen mukaan</li> <li>- Huone- tai poistoilman kosteuden säätö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valaistuksen ohjaus ja säätö luonnon valon määrän mukaan</li> <li>- Kytkeä päälle/pois läsnäolotunnistimen avulla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aurinkosuojauksen integrointi läsnäolon, lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon kanssa</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automaattinen huonekohtainen säätö, rakennusautomaation integrointi valvomoon</li> <li>- Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva</li> <li>- Osittainen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän integrointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Huonekohtainen ilmastoinnin säätö aikaohjelmilla</li> <li>- Ilmanvaihdon säätö asetusarvojen ja ulkolämpötilan mukaan</li> <li>- Ilmankosteuden säätö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valaistuksen ohjaus ja säätö luonnon valon määrän mukaan</li> <li>- Kytkeä päälle/pois läsnäolotunnistimen avulla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö ja automaattinen ohjaus</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automaattinen huonekohtainen ohjaus ja säätö termostaattiventtiileillä</li> <li>- Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva</li> <li>- Osittainen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän integrointi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ilmastoinnin huonekohtainen säätö aikaohjelmilla</li> <li>- Ilmanvaihdon säätö asetusarvojen mukaan</li> <li>- Ilmankosteuden osittainen hallinta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valaistuksen voimakkuuden manuaalinen säätö/himmennys</li> <li>- Kytkeä päälle/pois manuaalisesti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö ja yksinkertainen automaattinen ohjaus</li> </ul>
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Keskitetty rakennusautomaatio tai ei automaattista säätöä</li> <li>- Keskitetty lämmityksen ohjaus</li> <li>- Ei lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien integrointia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ilmastoinnin huonekohtainen manuaalinen säätö tai ei säätöä</li> <li>- Kiinteä ilmanvaihto</li> <li>- Ei ilmankosteuden hallintaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manuaalinen kytkentä päälle/pois</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö, manuaalinen ohjaus</li> </ul>

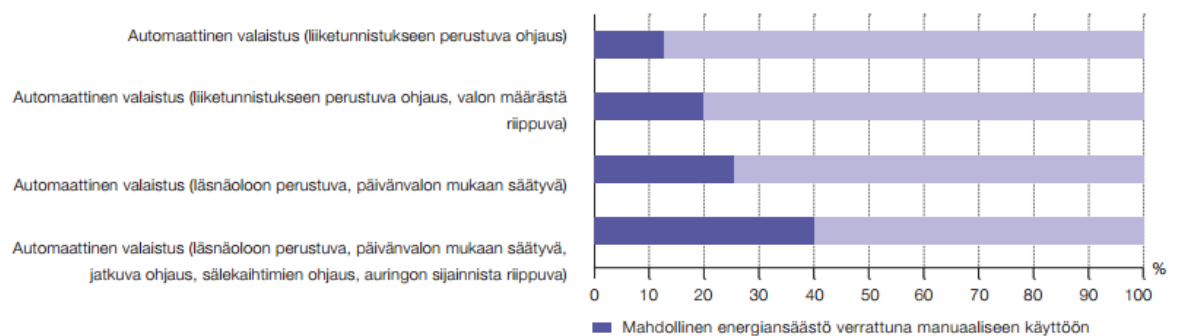
Kuva 9. Standardin EN 15232 mukaisten tehokkuusluokkien toimintoja [12, s.6–7].

### 3.3 Energiansäästöpotentiaali

Väyläpohjaisten järjestelmien energiansäästömahdollisuuksien osalta on tehty useita tutkimuksia 2000-luvulla. Biberachin korkeakoulun Rakennus- ja energiajärjestelmien instituutti kokosi vuonna 2008 yhteen tärkeimpiä kirjallisuustutkimuksia ja -lähteitä, jotka käsittelevät energiansäästöä nykyaikaisilla asennustekniikoilla. Kootuissa tutkimuksissa ei suoranaisesti mainittu KNX-järjestelmää. Tapauksissa, joissa saavutettiin säästöjä, käytettiin väyläpohjaisia järjestelmiä, joihin myös KNX-järjestelmä lukeutuu. Tutkimustulosten perusteella, käyttämällä mittauksia ja optimointia ohjausjärjestelmissä, voidaan saavuttaa keskimäärin 11–31 %:n energian säästöjä [12, s. 4–5]. Eri osa-alueiden säästöpotentiaali jakautuu seuraavasti:

- Huonelämpötilan ohjaus 14–25 %
- Lämmityksen automatisointi 7–17 %
- Ilmastoinnin automatisointi 20–45 %
- Päivänvalon hyväksikäyttö valaistuksessa 25–58 %
- Aurinkosuojauksen automatisointi 9–32 %.

Valaistuksessa on hyvinkin suuri potentiaali sähköenergian säästöön. Tätä väitettä tukee myös toinen tutkimus, ”Energiansäästöjen ja tehokkuuden lisäämisen mahdollisuudet käyttämällä väylätekniikkaa ja rakennusautomaatiota”, jonka Biberachin Rakennus- ja energiajärjestelmien instituutti on tehnyt ABB:lle vuonna 2008. Tutkimuksessa selvitettiin KNX-järjestelmän energiansäästömahdollisuuksia kohteena olevassa tavallisessa maisemakonttorissa. Päivänvalon mukaan säätävän ja läsnäoloon perustuvan valaistuksen ohjauksen, yhdistettynä sälekaihtimien automaattiseen ohjaukseen, energiansäästö on jopa 40 % verrattuna valaistuksen manuaaliseen ohjaukseen. Pelkän liiketunnistuksen perusteella tehty valaistuksen ohjaus mahdollistaa hieman yli 10 % energiansäästön. [12, s. 8–9.]



Kuva 10. Valaistusohjausratkaisujen tuoma energiansäästö [12, s. 9].

KNX-järjestelmällä voidaan yhdistää erilaiset rakennustekniset järjestelmät yhtenäiseksi väyläpohjaiseksi järjestelmäksi. Kun kaikkien järjestelmien tieto kulkee samassa väylässä, on energiatehokkuuden optimointi huomattavasti helpompaa. Optimoinnilla tarkoitetaan, että energiaa käytetään vain tarvittaessa ja sitä käytetään tehokkaasti vain sen verran mitä tarvitaan. Saavutettavien säästöjen taso riippuu käytettävistä toiminnoista ja niiden yhteensovittamisesta. KNX-järjestelmä täyttää ominaisuuksillaan rakennusautomaation A-teholuokan asettamat vaatimukset.

## 4 Käyttösovellukset

### 4.1 Valaistuksen ohjaus

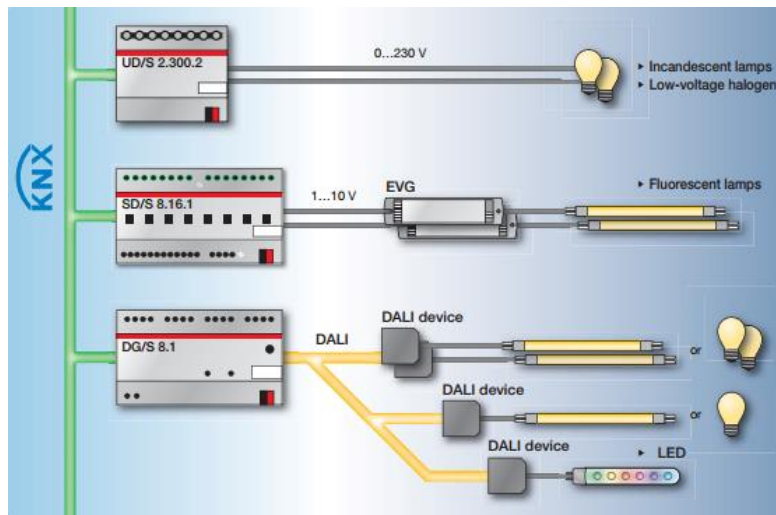
Edellä esiteltyjen tulosten mukaan huolellisesti suunnitellulla ja oikein toteutetulla valaistuksen ohjauksella pystytään säästämään jopa 40 % sähköenergiaa. KNX-järjestelmä mahdollistaa valaistuksen ohjauksen monin eri tavoin. Valaistusta voidaan himmentää, kytkeä päälle ja pois yksittäin tai määriteltynä ryhminä. Ulko- tai sisävalaistusta voidaan ohjata muun muassa päivänvalo-ohjauksen, aikaohjauksen, painikkeiden, ohjauspaneelien tai etäohjauksen kautta.

KNX-järjestelmällä on mahdollisuus ohjata useita erilaisia valaisintyyppejä (kuva 11). Yksinkertaisin tapa valaistuksen ohjaukseen on yksinkertainen päälle/pois-ohjaus, jos valaisimia ei voi tai ei ole tarvetta himmentää. Tällaisten valaisinkuormien ohjaukseen käytetään kytkinyksikköä. Kytkeyksiköllä voidaan ohjata valaistusta joko johdottamalla valaistusryhmä suoraan kytkinyksikön kautta tai suurempien kuormien tapauksessa ohjaamalla valaisinryhmän kontaktoria.

Valaistuksen himmentämiseen voidaan käyttää perinteisten hehkulamppujen tai halogeenilamppujen tapauksessa himmennintoimilaitetta, joka säätää verkkojännitteen vaihekulmaa nousevan aallon leikkauksella.

Monet nykyaikaiset valaisimet on varustettu elektronisella liitäntälaitteella. Liitäntälaitetypistä riippuen valaistuksen ohjaukseen ja himmentämiseen voidaan käyttää analogista 1–10 V -ohjausta tai digitaalista DALI-ohjausväylää. Molempia tapauksia varten KNX-järjestelmän komponenteista löytyy tarvittava toimilaite.

DALI-ohjausväylä voidaan liittää KNX-järjestelmään DALI-säätimellä ja niiden ohjelmointi voidaan hoitaa KNX-järjestelmän kautta. DALI-järjestelmän kautta saadaan KNX-järjestelmään palautetta ja tilatietoa valaisimilta.



Kuva 11. Valaistuksen ohjaustapoja KNX-järjestelmällä [14, s. 9]

#### 4.2 Verhomoottoriohjaukset

Kaihtimien ja markiisien ohjausta käytetään etenkin Keski-Euroopassa valaistusohjauksen rinnalla. Verhomoottoriohjaimilla voidaan ohjata monenlaisia sovelluksia, kuten sälekaihtimia, valkokankaita, esirippuja tai tilanjakoverhoja. Verhomoottoriohjaimia käytetään myös nykyään savunpoistoluukkujen ohjauksiin. [4, s. 60.]

#### 4.3 LVI-järjestelmien ohjaus

KNX-järjestelmällä voidaan toteuttaa myös lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ohjauksia. Ohjaukset on mahdollista tehdä suoraan KNX-komponenteilla tai toisen järjestelmän kautta käyttämällä erilaisia väylämuuntimia tai binäärivastaanottimia ja kytkinyksiköitä. Binäärivastaanottimilla vastaanotetaan ja kytkinyksiköillä annetaan kärkeä tietoja toiseen järjestelmään.

Tilakohtaisessa ohjauksessa, esimerkiksi yhdellä läsnäoloilmaisimella, voidaan ohjata valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä sekä ilmanvaihtoa. Lisäksi huoneen lämmitys- ja jäähdytystarvetta voidaan seurata huonetermostaatin avulla. Ilmanvaihtoa voidaan ohjata hiilidioksidin määrän mukaan käyttämällä hiilidioksidianturia. KNX-komponentteja on olemassa elektronisia tai elektrotermisiä venttiiliohjaimia

säätöventtiilien ohjaamiseen. Mahdollisille puhallinkonvektoreille on olemassa puhallinkonvektoriohjaimia. [12, s. 18.]

#### 4.4 Sähköenergianmittaus

Sähköenergiamittareita on mahdollista liittää KNX-järjestelmään väyläyhdistimien kautta, jolloin voidaan seurata ja visualisoida sähkönkulutusta. Kytkeyksiköitä on myös sellaisia, jotka on varustettu mittauksella. Näitä kytkeyksiköitä hyödyntämällä voidaan mittaus keskittää esimerkiksi pelkkään valaistukseen tai yksittäiseen kulutuspisteeseen. [12, s. 19.]

## 5 Esimerkkikohteet Suomessa

KNX-järjestelmä soveltuu kaiken tyyppisiin rakennuksiin muuntojoustavuuden ja toiminnallisuuden takia. Sitä on käytetty hyvällä menestyksellä ympäri maailmaa. Maailmalla toteutettuja kohteita on muun muassa 116 000 m<sup>2</sup>:n laajuinen Delhin kansainvälinen lentokenttä, johon on käytetty noin 11 000 KNX-komponenttia. Tunnetuimpiin kohteisiin kuuluu myös Pekingin Olympiastadion ”Linnunpesä”, jossa vaativa ja monipuolinen valaistusohjaus on toteutettu kokonaan KNX-järjestelmällä. [15] Pelkkä komponenttien määrä tai rakennuksen koko ei kerro, mihin kaikkeen KNX-järjestelmän avulla pystytään. Tämän tason rakennukset ovat esimerkkejä siitä, kuinka KNX mukautuu omakotitaloista maailmanluokan rakennuksiin. Myös Suomessa on toteutettu melko suuria ja monipuolisia kohteita, joissa KNX taipuu monenlaisiin käyttötarkoituksiin.

### Musiikkitalo, Helsinki

Musiikkitalo Helsingissä on avoin kulttuurinen keskus, jossa voi nähdä ja kuulla kotimaisia sekä kansainvälisiä esityksiä. Ohikulkumatkalla voi pysähtyä kahville tai ravintolaan syömään. Rakennus pitää sisällään suuren pääsalin, useita harjoitussaleja sekä yleisötiloja. Tiloista muodostuu pinta-alaltaan noin 30 000 m<sup>2</sup>:n kokonaisuus. KNX-järjestelmä koostuu 1400 KNX-osoitteesta, jotka muodostavat neljä aluetta, edelleen jakautuen yhteensä 36 linjaan. Kansainvälistäkin tunnustusta KNX-Award-



palkinnolla vuonna 2012 saanut Musiikkitalo on laajuudeltaan yksi Suomen suurimpia KNX-kohteita.

Valaisimina on pääosin käytetty DALI-liitäntälaitteilla varustettuja valaisimia, joita ohjataan KNX-järjestelmän DALI-säätimillä. Yleisissä tiloissa valaistus säätyy päivänvalon mukaan. Konserttisaleissa yleisvalaistuksen ohjaus tapahtuu esitystekniikan kautta KNX-järjestelmästä.

Muita KNX-järjestelmällä toteutettuja järjestelmiä ovat sähkönkulutuksen mittaus, pimennysverhojen ohjaus, mukavuuslämmitykset, savunpoistojärjestelmä, teknisen maadoitusverkon hälytykset sekä varattu valo-järjestelmä. [12, s. 21.]

HOTT (House of Travel and Transportation), Helsinki-Vantaa

HOTT on uusi seitsemänkerroksinen toimistotalo Helsinki-Vantaan lentoaseman läheisyydessä. Samaan kiinteistöön kuuluu myös pysäköintikellari sekä pysäköintirakennus. Toimistotalossa sijaitsee Finnairin pääkonttori, joka samalla toimii päävuokralaisena käyttäen 90 %:a tiloista. Rakennuksen kerrosala on 22 657 m<sup>2</sup>. Rakennukselle on haettu LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) -luokituksen platinatasoa ja se on energialuokaltaan A-luokkaa.

Finnairin toimistossa on noin 1 700 KNX-osoitetta, mikä tekee siitä Suomen suurimpia KNX-kohteita. KNX-järjestelmä jakautuu kerrosten mukaan kahdeksaan alueeseen ja edelleen yhteensä 58 linjaan. Läsäolotunnistimia on eripuolilla rakennusta noin 700 kappaletta ja liiketunnistimia 300 kappaletta. Loput laitteiden määrästä koostuu muun muassa painikkeista ja järjestelmäkomponenteista.

Valaisimet ovat pääasiassa DALI-liitäntälaitteella varustettuja, ja niitä on koko kiinteistössä noin 7500 kappaletta. Valaisimien ohjaus tapahtuu tunnistimilla sekä painonapeilla KNX/DALI-säätimen kautta. Valaistusohjauksen lisäksi KNX-järjestelmällä on toteutettu savunpoistojärjestelmän ohjaus sekä tilatietojärjestelmä.

## 6 KNX-suunnittelun ohjeistus

Suunnittelijan vastuulla rakennushankkeessa on huolehtia suunnitelmien oikeellisuudesta, niiden kestävyys, toiminnallisuuden ja toteutettavuuden suhteen. Ratkaisujen tulee olla kohteeseen ja käyttötarkoitukseen soveltuvia. Kokonaisuudessaan rakennushankkeen suunnitteluprosessi voi olla hyvinkin pitkä, alkaen hankkeen tarveselvityksestä ja päättyen rakennuksen käyttöönottoon. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12 (vanhempana TATE95) esittää määrittelyt suunnittelutehtävien sisällöstä ja laajuudesta hankkeen eri tehtäväkokonaisuuksissa. Tehtäväluettelo jakaa hankkeen seuraaviin tehtäväkokonaisuuksiin:

- Tarveselvitys
- Hankesuunnittelu
- Suunnittelun valmistelu
- Ehdotussuunnittelu
- Yleissuunnittelu
- Rakennuslupatehtävät
- Toteutussuunnittelu
- Rakentamisen valmistelu
- Rakentaminen
- Käyttöönotto
- Takuu aika.

### Tarveselvitys/Hankesuunnittelu/ Suunnittelun valmistelu

Hankkeen alkuvaiheeseen kuuluvat TATE12:n mukaisesti tarveselvitys, hankesuunnittelu ja suunnittelun valmistelu. Tässä kohtaa hanketta ei tavanomaisia suunnitelmia vielä tarvita, joten suunnittelija toimii lähinnä konsultin roolissa. Jos käyttäjällä tai rakennuttajalla ei ole tietämystä KNX-järjestelmästä, on suunnittelijan hyvä tietää järjestelmän eduista ja siitä, kuinka sitä voidaan hyödyntää. Vaihtoehtoisesti vaativissa kohteissa voidaan käyttää järjestelmäasiantuntijana

esimerkiksi laitevalmistajan edustajaa. Hyvä suunnittelu on toimivan järjestelmän lähtökohta. KNX-järjestelmä on hyvin monipuolinen, ja se taipuu monenlaisiin käyttötarkoituksiin. Oikein suunniteltuna siitä saadaan räätälöityä käyttäjää ja kiinteistöä tarkoituksen mukaisesti palveleva kokonaisuus.

KNX-järjestelmää konsultoidessa kannattaa painottaa hinnan sijaan järjestelmän tuomia etuja ja sitä, kuinka sillä pystytään toteuttamaan asiakkaan vaatimukset ja toiveet. Monet mieltävät nykyaikaiset ja monipuoliset älykkäät ohjausjärjestelmät hyvinkin kalliiksi, eikä KNX-järjestelmä ole poikkeus. Järjestelmän komponentit ovat hankintahinnaltaan korkeita, mutta säästöt tulevat rakennusvaiheessa suunnittelun, asennusten ja kaapeloinnin kautta. Oikein suunniteltuna kaapelointi on hyvin yksinkertainen ja nopea toteuttaa.

Rakennuksen käytön aikana saadaan merkittäviä säästöjä energian kulutuksessa, kun tarpeeton kulutus voidaan kytkeä pois automaattisesti. Yhdellä väyläjärjestelmällä voi paikallisten painikkeiden, aikaohjelmien, läsnäolo- ja päivänvalo-ohjauksien avulla säätää valaistusta, lämmitystä, jäähdytystä ja ilmanvaihtoa. Takaisinmaksuaika voi KNX-järjestelmällä olla 2–5 vuotta suurissa kohteissa. Pienissä kohteissa takaisinmaksuaika pitkittyy. [16] Pienissä kohteissa joudutaan komponentteja hankkimaan enemmän suhteessa rakennuksen kokoon. Esimerkiksi pienessä rakennuksessa on 25 kappaletta DALI-liitäntäisiä valaisimia, ja näille pitää hankkia KNX/DALI-säädin, johon voidaan liittää 64 kappaletta valaisimia. Samanlainen KNX/DALI-säädin riittää, vaikka suuremmassa rakennuksessa valaisimia olisi 50 kappaletta, eli tuplasti enemmän. Lisäksi KNX-järjestelmän linjarakenne suosii suurempia kokonaisuuksia. Pienessä rakennuksessa ei välttämättä ole linjassa kuin 10 laitetta, mutta suuremmassa kokonaisuudessa siihen voidaan liittää 50 laitetta. Kummassakin tapauksessa tarvitaan samat järjestelmäkomponentit palvelemaan kyseistä linjaa.

KNX-järjestelmän hyödyt eivät rajoitu vain älykkääseen ohjaamiseen. Rakennuksessa tapahtuu sen elinkaaren aikana monia muutoksia. Tilojen käyttötarkoitus muuttuu tai rakennusta laajennetaan. Yksi KNX-järjestelmän merkityksellisimmistä eduista on muutos- ja laajennusvalmius. Komponenttien lisääminen järjestelmään on helppoa yhden väylän takia ja uuden osion ohjelmointi tapahtuu yhdellä ohjelmistolla. Avoin standardi takaa sen, että myöhemmin lisättävien komponenttien käyttö ei ole sidottu

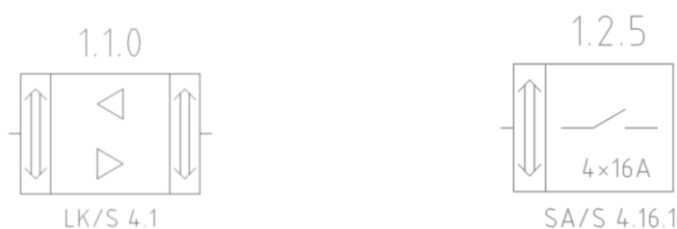
yhteen valmistajaan. Laajennusvaiheessa voidaan käyttää ongelmitta eri valmistajan tuotteita kuin alkuperäisessä järjestelmässä.

Kun järjestelmän äly on hajautettu laitteille, ei yhden laitteen rikkoutuminen lamauta koko järjestelmää. Yhden laitteen rikkoutuessa muut väylän laitteet jatkavat normaalia, niille ohjelmoitua toimintaansa. Uusi laite voidaan ohjelmoida ETS-ohjelmistolla etukäteen käyttäen järjestelmästä otettua varmuuskopiota. Ohjelmoinnin jälkeen uusi laite voidaan vaihtaa rikkoutuneen tilalle. Koko järjestelmää ei tarvitse ohjelmoida uudelleen. [16]

### Ehdotussuunnittelu

Hankkeen aikaisemmassa vaiheessa on määritelty suunnittelutavoitteita, joiden toteutumiseksi suunnittelijan tulee esittää vaihtoehtoja. Vaihtoehtoja esitellään kiinteille tilaosille ja muuntuville-/tyyppitilaosille tai mallihuoneille. Kiinteillä tilaosilla tarkoitetaan kiinteitä perusjärjestelmiä, kuten pääjakelu-, tele- ja turvajärjestelmien keskuslaitteita.

Järjestelmän laajuudesta saadaan luotua kuva, kun koko järjestelmästä tehdään järjestelmäkaavio. Kaaviossa esitetään järjestelmän topologia eli alueet ja linjat, sekä näiden ajateltu toteutustapa (kierretty parikaapeli vai IP-verkko). Kaavion pohjana kannattaa käyttää rakennuksen mallia selventämään järjestelmän jakautumista rakennuksessa. Näiden lisäksi kaaviossa esitetään eri järjestelmiin liittyvät rajapinnat, kuten liittyminen kiinteistövalvomoon. Järjestelmäkaaviossa käytetään DIN-40900:n mukaisia piirrosmerkkejä (kuva 12).



Kuva 12. DIN-40900:n mukaisia piirrosmerkkejä. Linjayhdistin LK/S 4.1 ja kytkinyksikkö SA/S 4.16.1

Tyyppitilaosat ja mallihuoneet kuvataan tilakohtaisesti niin sanotuilla toimintokorteilla (liite 1) tai vapaamuotoisen selostuksena mallihuonepiirustuksen yhteydessä. Toimintokorteissa esitetään suunniteltu tilakohtainen toimintaperiaate, esimerkiksi

toimistohuoneen valaistusohjauksesta, jossa valaistusohjaus tapahtuu läsnäolo- ja valoisuusanturilla. Ehdotussuunnitteluvaiheessa ei vielä määritellä tarkkoja komponentteja tai osoitteistuksia.

#### Yleissuunnittelu

Ehdotussuunnitelmien valitsemisen jälkeen niistä kehitetään toteutuskelpoiset yleissuunnitelmat. Toimintokorttien toimintaperiaatteisiin tehdään tarvittavat tarkennukset. Valaisimille määritellään mahdolliset DALI-ryhmitykset ja niiden ohjausperiaate selostetaan. Jos tilaan halutaan erilaisia tilanneohjauksia, ne luetellaan tapauskohtaisesti ja selostetaan niihin sisältyvät toiminnot. Esimerkiksi koulun luokahuoneessa tällaisia voivat olla seuraavat tilanteet:

- Perusvalaistus, määritelty valaistustaso 300lx:iin.
- Esitysvalaistus, tauluvalot sammutettuna.
- Kaikki valaisimet 100 %.
- Kaikki valaisimet pois päältä.

Järjestelmäkaaviossa alueet voidaan jakaa tarkemmin, esimerkiksi kerroksittain tai ryhmäkeskuksen palvelualueisiin. Näin saadaan tarkennettua linjojen määrät ja sen mukaan tarvittavien virtalähteiden ja alue-/linjayhdistimien määrät.

Ryhmäkeskuksiin tarvittavat komponentit voidaan määritellä alustavasti, kun tiedetään, minkälaisia tiloja kullekin ryhmäkeskusalueelle kuuluu. Ryhmäkeskuksien komponentit voidaan esittää kunkin keskuksen kohdalla järjestelmäkaaviossa, jolloin saadaan selkeä kuva järjestelmän laajuudesta. Määrätiedot voivat olla tarpeellisia etenkin projektinjohtourakkamallilla toteutettavassa hankkeessa urakkatarjousten laatimiseksi.

#### Rakennuslupatehtävät

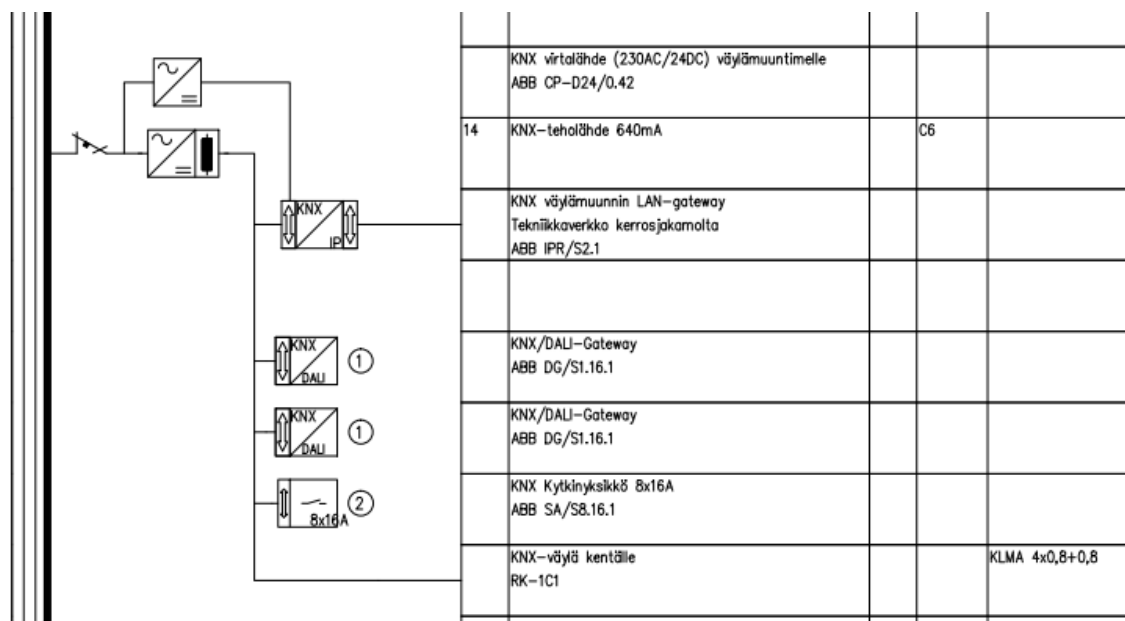
KNX-järjestelmän osalta ei ole tarvetta esittää viranomaisille hyväksyttäviä suunnitelmia.

## Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnittelu jaetaan TATE12:n mukaan kahteen osioon: hankintoja palvelevaan ja toteutusta palvelevaan suunnittelukokonaisuuteen. Hankintoja palveleva kokonaisuus kuuluu sähkösuunnittelijalle. Hankintoja palvelevien suunnitelmien tulee olla tarkkuudeltaan sellaisia, että niillä voidaan laskea urakkahinta. Toteutusta palveleva kokonaisuus, eli asennuspiirustusten toteutus voi sopimuksesta riippuen kuulua joko sähkösuunnittelijalle tai urakoitsijalle.

Hankintoja palvelevassa suunnittelussa suunnitelmia päivitetään KNX-järjestelmän osalta luomalla ensimmäiset tasopiirustukset pistesijoituksina. KNX-järjestelmästä on hyvä tehdä omat tasopiirustukset, jotta esitystapa voidaan pitää selkeänä. Tasokuvassa esitetään vain "kentällä" olevat komponentit, kuten kytkimet ja läsnäolotunnistimet. Kaapelointia ei vielä tässä vaiheessa piirretä, eikä komponenteille anneta osoitteita. Tasokuvassa komponenttien piirrosmerkkeinä käytetään tavanomaisia piirrosmerkkejä (kuva 15). Komponenteille kannattaa luoda positionumerointi ja selventää laitteen tiedot laiteluettelossa. Pisteiden sijainnin määrittelemiseksi tulee tehdä yhteistyötä käyttäjän ja arkkitehdin kanssa.

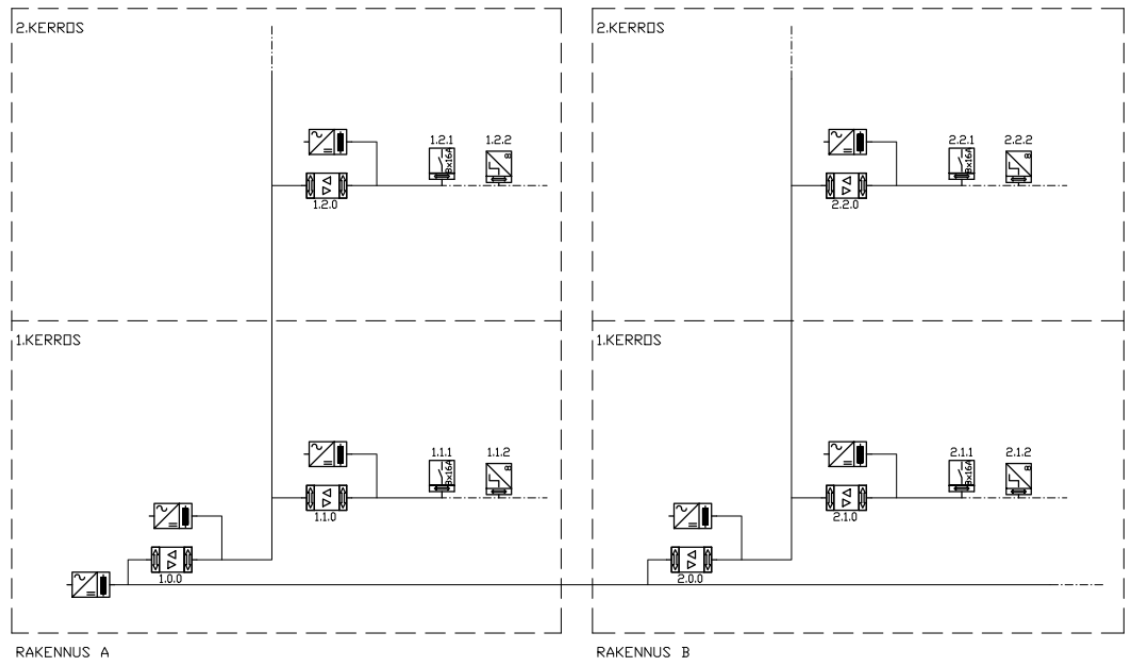
Keskuksien pääkaavioihin lisätään komponentit tarvittavien ohjauspisteiden ja antureiden mukaisesti. Piirrosmerkkeinä käytetään DIN-40900-standardin mukaisia merkkejä. Komponentit ja niiden kaapelointi esitetään pääkaaviossa kuvan 13 mukaisesti. Samat komponentit täydennetään ja tarkennetaan järjestelmäkaavioon. Linjojen komponenttien määrissä tulee ottaa huomioon laajennusvara. Komponenttien määrä kannattaa pitää 50–55 komponentissa linjaa kohden.



Kuva 13. Esimerkki pääkaavion esitystavasta

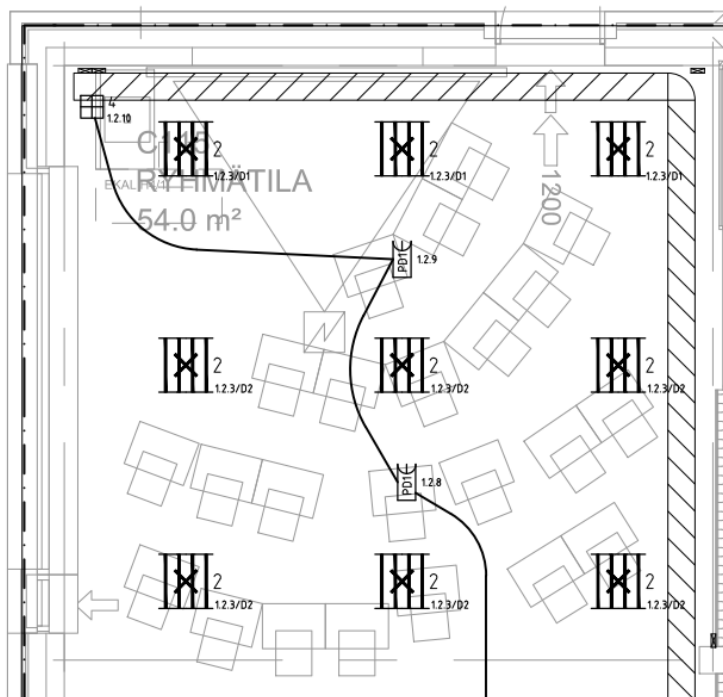
Kun kaikki KNX-järjestelmän pisteet on saatu sisällytettyä suunnitelmiin, on näistä helppo toimittaa tarvittavat määräluettelot, jos sopimuksessa on niin erikseen sovittu. Laiteluettelossa pitää komponentit määrittellä tarkalleen. Antamalla komponenteille laadukkaan valmistajan tuotenumeron varmistetaan, että hankinnat tehdään vastaavan laatutason mukaisesti. Mahdollisen korvaavan tuotteen tulee sisältää samat ominaisuudet kuin suunnitelmissa määritellyllä komponentilla.

Toteutusta palvelevassa suunnittelukokonaisuudessa aikaisemmat suunnitelmat täydennetään rakentamisen edellyttämiksi asennuskelpoisiksi suunnitelmiksi. Suunnitelmilla tulee pystyä toteuttamaan KNX-järjestelmän asennus sekä ohjelmointi. Yleisellä tasolla kaikille KNX-komponenteille annetaan yksilölliset osoitteet luvun 2.4 alakohdan Fyysinen osoite mukaisesti. Osoitteistus kannattaa aloittaa järjestelmäkaaviosta ja miettiä looginen sekä selkeä numerointi järjestelmälaitteille. Jos kiinteistöön kuuluu useita rakennuksia, on hyvä tapa antaa jokaiselle rakennukselle oma alue ja näiden kerroksille oma linjansa kuvassa 14 esitetyllä tavalla. Järjestelmäkaaviossa voi myös esittää kentällä olevat laitteet. Suurissa kohteissa kentälaitteita voi olla hyvinkin paljon, jolloin järjestelmäkaavion koko kasvaa suureksi. Kohteesta riippuen kannattaa harkita esitetäänkö kaaviossa myös kentälaitteita vai pelkästään järjestelmäkomponentit. Lisäksi suunnittelussa kannattaa pyrkiä välttämään samojen asioiden esittämistä useassa eri suunnitelmassa.



Kuva 14. Esimerkki järjestelmäkaavion esitustavasta

Tasopiirustuksiin lisätään laitteiden fyysisen osoitteen lisäksi KNX-väylän kaapelointi. DALI-ohjatuissa valaisimissa tulee esittää KNX/DALI-säätimen osoite sekä DALI-ryhmä, johon ne kuuluvat, esimerkiksi 1.2.3/D1 (kuva 15).



Kuva 15. Esimerkki KNX-järjestelmän tasopiirustuksen esitustavasta.



Pääkeskuskaavioissa DALI-ryhmät merkitään KNX/DALI-säätimen osoitteella. Kontaktiohjauksiin merkitään niitä ohjaavan kytkintoimilaitteen osoite sekä kytkennän suorittava kanava, esimerkiksi 1.2.3/a. Yksivaiheisia lähtöjä voidaan kytkeä suoraan kytkintoimilaitteen kautta. Kolmivaiheisissa lähdöissä kytkintoimilaitteella ohjataan kyseisen lähdön kontaktoria.

Ohjelmointia varten tulee luoda pistetaulukko (liite 2) järjestelmän ohjauspisteistä. Taulukossa esitetään kaikki ohjauspisteet sekä sitä mihin komponenttiin ja sen kanavaan kyseinen piste liittyy. Lisäksi esitetään kuvaus, mihin toimintaan kyseistä ohjauspistettä käytetään.

#### Rakentamisen valmistelu ja rakentaminen

Rakennusaikaisiin suunnittelijan tehtäviin voi erikseen tilattaessa sisältyä valvonta, tarkastukset ja suunnitelmien mahdollinen päivittäminen ajantasaisiksi muutoksien myötä. Urakoitsija voi esittää suunnitelmista poikkeavia KNX-järjestelmän komponentteja. Komponenttien suunnitelmien mukainen vaatimusten täyttyminen tulee tarkastaa, kommentoida ja tarvittaessa päivittää suunnitelmat valinnan mukaisesti.

Suunnittelusopimukseen voi myös sisältyä KNX-järjestelmän ohjelmointi. Jos toimistossa ei ole osaamista ETS-ohjelmiston käytöstä, kannattaa ohjelmointi tilata ulkopuoliselta osaajalta. Joka tapauksessa suunnittelijan tulee tarvittaessa selvittää suunnitelmia ja opastaa ohjelmoijaa.

Ennen määritettyjen alueiden luovutuksia tehdään KNX-järjestelmälle toiminnan tarkastus tai toimintakoe, jossa todetaan toimintojen suunnitelmien mukaisuus. Tätä ennen urakoitsija on tehnyt omantähtäytarkastukset ohjausten ja rajapintojen toiminnasta. Suunnittelija voi tehdä urakoitsijan itselleluovutustarkastusta varten taulukon (liite 3), johon määritellään testitapaukset. Samoja testitapauksia voidaan tarkastaa myös toimintakokeessa, johon suunnittelija kuittaa hyväksynnän tai merkitsee puutteet.

## Käyttöönotto

Erikseen tilattaessa tai jos suunnittelija on tehnyt asennuspiirustukset, kuuluu suunnittelijalle luovutuspiirustusten laadinta. KNX-järjestelmän suunnitelmat täydennetään vastaamaan toteutunutta suoritusta. KNX-järjestelmän ylläpidon ja mahdollisesti myöhemmän laajentamisen kannalta luovutusdokumentit tulee olla toteutuneen järjestelmän kanssa yhdenmukaiset ja laadukkaat. Luovutusdokumentit voi koota joko urakoitsija tai erikseen tilattaessa suunnittelija. Luovutusdokumentteihin liitettäväksi kuuluvat:

- toteutuksen mukaiset suunnitelmat
- tarkastuksien ja toimintakokeiden pöytäkirjat/puutelistat
- vastaanottopöytäkirjat
- järjestelmän käyttöohjeet ja komponenttien tekniset ohjeet
- ohjelmoinnin ETS-tietokannan varmuuskopio.

Suunnittelijan tehtäviin voi myös kuulua KNX-järjestelmän käytön sekä huollon opastus käyttö- ja huoltohenkilökunnalle. Opastukseen sisältyy toimintaperiaatteen läpikäynti, normaalien käyttötoimenpiteiden esittely ja järjestelmän huoltotoimenpiteet.

## Takuuaika

Vastaanottotarkastuksesta on voitu siirtää muun muassa puutteiden korjauksia ja järjestelmän säätöjä takuuajalle. Takuuaikana käyttäjä on voinut havaita virheitä ja puutteita. Näihin asioihin voi sisältyä tarkastettavia asioita KNX-järjestelmän osalta, ja ne on otettava huomioon takuutarkastuksissa.

## 7 KNX-järjestelmän tulevaisuus Suomessa

Suomessa KNX on edelleen melko uusi järjestelmä, vaikka Keski-Euroopassa tekniikka on ollut käytössä EIB-järjestelmänä jo vuodesta 1990 asti. KNX-järjestelmä on luonut vakaan jalansijan älykkäiden ohjausjärjestelmien joukossa. Energiatehokkuusvaatimuksien kasvaessa tarvitaan yhä enemmän älykkäitä ohjausjärjestelmiä rakennuksissa.

Kansainväliset standardit antavat takeet varmoista tulevaisuuden näkymistä. KNX-tuotteiden valmistajia on nykyään yli 300 sekä tuotteita yli 7 000. Tiukka tuotteiden sertifiointi takaa laadukkaat ja luotettavat tuotteet. Lisääntyvä kilpailu tuotteissa laskee ajan saatossa hintoja, jolloin aikaisemmin kalliista järjestelmästä tulee helpommin lähestyttävä. [16]

Vuonna 2010 Tampereen Ammattikorkeakoulu aloitti ensimmäisenä Suomessa myöntämään KNX-sertifiointeja. Sertifiointi takaa sen, että tekijällä on KNX-yhdistyksen hyväksymä tietotaito KNX-järjestelmästä. Vuonna 2013 TAMK myönsi sadannen siellä suoritettua KNX-sertifioinnin. Tällä hetkellä Suomessa on neljä KNX-Associationin hyväksymää koulutuskeskusta, joiden avulla osaaminen on koko ajan kasvussa [16]. Vuonna 2012 Suomessa rakennettiin jo noin 300 omakotitaloa, 300 asuinkerrostaloa ja 200 julkis- ja toimitilaprojektia, joissa käytettiin KNX-järjestelmää.

KNX-järjestelmän tekniikka ja tuotteet kehittyvät koko ajan. ABB:n myyntipäällikkö Lasse Mäkisen mukaan IP-verkko tulee olemaan suuri osa KNX-järjestelmän runkoverkkoa lähitulevaisuudessa. Laajoissa järjestelmissä tiedonsiirtoa saadaan IP-verkon avulla nopeammaksi linjojen välillä. Lisäksi lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ohjaaminen on lisääntymässä, mikä mahdollistaa paremman energiansäästön. [16]

## 8 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli tutustua KNX-järjestelmään ja tutkia, minkälaisia suunnitelmatarpeita uusi taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12 määrittelee KNX-suunnitelmille. Lisäksi perehdyttiin KNX-järjestelmän energiansäästöllisiin mahdollisuuksiin. Tarkoituksena oli koota aineistoa selkeäksi kokonaisuudeksi suunnittelijoiden käytettäväksi. Aineistosta käy ilmi KNX-järjestelmän perustiedot, sillä saavutettavat mahdolliset energiansäästöt sekä ohjeistus tarvittaviin suunnitelmiin projekteissa, joissa sopimus on tehty taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon TATE12 mukaisesti.

Nykyään jo joissakin suunnittelutoimistoille tulevissa tarjouspyynnöissä edellytetään KNX-järjestelmän käyttöä. Suunnittelijoilla tulee olla hyvät tiedot järjestelmästä ja sillä saavutettavista eduista, jotta sillä pystytään palvelemaan käyttäjän tarpeita tehokkaasti.

Opinnäytetyötä tehdessä tietämys KNX-järjestelmästä ja sen eduista karttui entuudestaan. Monet mieltävät KNX-järjestelmän hyvinkin kalliiksi ja epäluotettavaksi, koska heille ei ole tullut vastaan kohdetta, jossa järjestelmän ominaisuuksia on tehokkaasti hyödynnetty. Näin ollen heille ei ole välttämättä muodostunut kovinkaan positiivista kuvaa järjestelmästä, eivätkä he uskalla ottaa järjestelmää käyttöön omissa kohteissaan.

KNX-järjestelmä on hankintahinnaltaan hyvinkin kallis tällä hetkellä, mutta oikein toteutettuna sitä voi ajatella investointina tulevaisuutta varten. Asennuskustannukset ovat pienempiä ja muutosten teko sekä järjestelmän laajentaminen on jatkossa helppoa. Älykkäällä ohjaamisella voidaan paremman käyttömukavuuden lisäksi saavuttaa merkittäviä energiansäästöjä.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivien tiukentuminen asettaa vaatimuksia rakennusautomaatiolle, jotta määritetyt tavoitteet voidaan saavuttaa. Standardien mukaiseen A-tehokkuusluokkaan ei ole edes mahdollista päästä ilman monipuolista rakennusautomaatiojärjestelmää. KNX-järjestelmä täyttää nämä vaatimukset ja on näin ollen luotettava valinta. A-luokan vaatimuksien täyttymiseksi tulisi kuitenkin eri suunnittelualojen kehittää yhteistyötään. Tällä hetkellä LVIA-suunnittelija käyttää omia automaatiojärjestelmiään ja sähkösuunnittelija omiaan, jolloin järjestelmien yhteensovittaminen jää yleensä kärkitietojen väliseen rajapintaan. Tästä aiheutuu

kahden erillisen järjestelmän rakentaminen päällekkäin, vaikka sen sijaan olisi mahdollista käyttää vain yhtä väylää ja saada säästöä asennuskustannuksissa.

Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE12 on vielä melko vähäisessä käytössä projekteissa, mutta tulevaisuudessa siihen tullaan todennäköisesti siirtymään. TATE12 jakaa suunnitteluprosessin useampaan kohtaan, kuin vanhempi TATE95. Laaditussa ohjeistuksessa esitellään suunnitelmatarpeet kussakin vaiheessa projektia.

Projekteissa käytettävät KNX-järjestelmän suunnitelmat ovat luonteeltaan hyvin samanlaisia projektista riippumatta. Toki on Musiikkitalon kaltaisia, hyvinkin vaativia projekteja, joihin ei välttämättä pystytäkään tekemään täysin mallisuunnitelmien mukaan. Mallisuunnitelmista olisi kuitenkin varmasti hyötyä tämän ohjeistuksen lisäksi. Ne helpottaisivat suunnitelmien aloittamista, kun olisi valmis pohja, johon voisi ruveta rakentamaan uuden projektin suunnitelmia.

Kuten työssä mainittiin, on suunnittelun tarjouspyynnöissä jo sisällytetty KNX-järjestelmän ohjelmointia. Suunnittelijalla on paras näkemys järjestelmän toiminnasta, jolloin ohjelmointi suunnittelun rinnalla olisi luontevasti toteutettavissa. Ohjelmointia voisi rakentaa ETS-ohjelmistolla samaan aikaan kun tehdään suunnitelmia. Tässä jäisi pois välivaihe, jossa järjestelmän toiminnallisuus pitää selvittää uudelle osapuolelle, yleensä urakoitsijalle. Ohjelmoinnin tietotaidon ylläpitäminen voi osoittautua hankalaksi, jos KNX-kohteita ei ole jatkuvasti työnalla. Tulevaisuudessa suunnittelijan ja ohjelmoijan ”rajapinta” tulee monimutkaisten kohteiden myötä varmasti sulautumaan. Suunnittelija kuitenkin nykyään suunnittelee ja käytännössä sanelee KNX-järjestelmän ohjelmoinnin suunnitelmissaan.

## Lähteet

- 1 Merz Hermann, Hansemann Thomas, Hübner Christof, Backner James, Moser Viktoriya, Greefe Leena. 2009. Building Automation. Cummmunication Systems with EIB/KNX, LON, and BACnet. Springer.
- 2 What is KNX?. 2012. Verkkodokumentti. KNX Association.  
<<http://www.knx.org/knx-en/knx/association/what-is-knx/index.php>>. Päivitetty 11.2.2014. Luettu 15.1.2014.
- 3 ABB i-bus ® KNX Intelligent Installation Systems, System description. ABB 2011.  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e784bbf356160fcec125777e002aa94a/\\$file/0156\\_systembe\\_gb\\_06\\_09.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/e784bbf356160fcec125777e002aa94a/$file/0156_systembe_gb_06_09.pdf)> Luettu 23.1.2014.
- 4 KNX-taloautomaatio, Tuoteluettelo 2012. ABB 2012.  
<[http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio\\_tuoteluettelo\\_2012/](http://abb.smartpage.fi/fi/taloautomaatio_tuoteluettelo_2012/)> Luettu 24.1.2014.
- 5 ST 701.31 Sähköautomaatiototeutus KNX-järjestelmää käyttäen. 2012. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 6 KNX Basic Course Documentation. 2011. KNX Association.
- 7 KNX Finland ja Sähköinfo Oy. 2006. Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin. KNX perusperiaatteet.
- 8 KNX-taloautomaatio, Järjestelmäopas. ABB 2012.  
<[asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/KNX\\_Jarjestelmaopas\\_92012.pdf](http://asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/KNX_Jarjestelmaopas_92012.pdf)> Luettu 30.1.2014
- 9 Energy efficiency for the 2020 goal, Summary. 2009. Verkkodokumentti. Summaries of EU legislations.  
<[http://europa.eu/legislation\\_summaries/energy/energy\\_efficiency/en0002\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_en.htm)> Luettu 4.2.2014.
- 10 Rakennusten energiatehokkuus, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2012/31/EU. 2010. Verkkodokumentti. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä.  
<[http://europa.eu/legislation\\_summaries/internal\\_market/single\\_market\\_for\\_goods/construction/en0021\\_fi.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_fi.htm)> Luettu 4.2.2014.
- 11 SFS-EN 15232, Energy Performance of Buildings. Impact of Building Automation, Controls and Building Management. 2012. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS ry.

- 12 Rakennusten energiatehokkuus, KNX-taloautomaatio. 2011. Verkkodokumentti. ABB.  
<[http://www.asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/rakennusten\\_energiatehokkuus\\_FIN\\_11-2011.pdf](http://www.asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/rakennusten_energiatehokkuus_FIN_11-2011.pdf)> Luettu 12.2.2014.
- 13 Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. 2012. Ympäristöministeriö. <[http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi\\_sfs-en\\_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf](http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf)>
- 14 ABB i-bus KNX Application Manual, Lighting. 2011. Verkkodokumentti. ABB.  
<[http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto\\_g/English/APPLICATIONS/2CDC500051M0202\\_ApplicationsHB\\_lightingcontrol\\_EN.pdf](http://www.knx-gebaeudesysteme.de/sto_g/English/APPLICATIONS/2CDC500051M0202_ApplicationsHB_lightingcontrol_EN.pdf)>. Luettu 25.2.2014.
- 15 Olympic gold for KNX. 2008. Verkkodokumentti. KNX Association.  
<[http://www.knx.org/fileadmin/news/1224144472451889205Olympic\\_gold\\_for\\_KNX\\_English.pdf](http://www.knx.org/fileadmin/news/1224144472451889205Olympic_gold_for_KNX_English.pdf)> Luettu 4.3.2014
- 16 Mäkinen, Lasse. 2014 Myyntipäällikkö, ABB, Porvoo. Haastattelu. 4.3.2014

## Toimintokortti (ST 701.31)

### KNX-TOIMINTOKORTTI

Malliprojekti

Rajapinta AK01

Piir.no: xxxx-zzz-1

Lehti 1/2

---

### Tyyppi:

Tilan ohjaus	<input type="checkbox"/>
Yleinen ohjaus	<input type="checkbox"/>
Rajapinta	<input checked="" type="checkbox"/>

### Käyttö:

Tietojen välitys kiinteistöautomaatiojärjestelmään

### Toimintaperiaate:

Digitaali IO-tasoisina 24 V signaaleina välitetään KNX- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän välillä kulkeva tieto.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmästä välitetään KNX-järjestelmään seuraavat tiedot:

- hämäreäkytintiedot, jotka kiinteistöautomaatiojärjestelmä luo siihen liitetyn valoisuusanturin mittaustiedon perusteella
- aikaohjelmat valaistusohjauksia sekä sähkölukituksia varten

KNX-järjestelmästä ei välitetä tietoja kiinteistöautomaatiojärjestelmään päin.

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Ehdotussuunnitteluvaihe tähän saakka

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

### Toteutus:

Liityntä tehdään ryhmäkeskuksen JK207 ja alakeskuksen AK01 välille. Jännitetasona on 24 VDC. Jännitesyöttö KNX-järjestelmän puolelta. AK:ssa potentiaalivapaat ohjauskoskettimet.

Siirrettävät tiedot:

- Hämäreäkytkin
- Aikaohjelma 1
- Aikaohjelma 2
- Aikaohjelma 3
- Aikaohjelma 4

XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Esisuunnitteluvaihe tähän saakka

XXXXXXXXXXXXXXXXXX



# KNX-pisteluettelo (ST 701.31)

Laitetunnus/ laiteosoite	Kanava	Sijainti	Selitys	Tyyppi	Huom
1.3.12	A	JK207	Liike 2 yleisvalaistus 1	DO	
	B	JK207	Liike 2 yleisvalaistus 2	DO	
	C	JK207	Liike 2 Valaistus kassa	DO	
	D	JK207	Liike 2 Valaistus kosketinkiskot	DO	
	E	JK207	Liike 2 Ohjatut pistorasiat näyteikkuna	DO	
	F	JK207	Liike 2 Valomainokset	DO	
	G	JK207		DO	
	H	JK207		DO	
1.3.13	A	JK207		DO	
	B	JK207		DO	
	C	JK207		DO	
	D	JK207		DO	
	E	JK207		DO	
	F	JK207		DO	
	G	JK207		DO	
	H	JK207		DO	
1.3.14		Liike 2	Liike2 valaistusohjaus	Painikeyhdistelmä	
1.3.15		Liike 2	Liike2 valaistusohjaus	Painikeyhdistelmä	
1.3.16		Liike 2	Liike2 valaistusohjaus	Painikeyhdistelmä	
1.3.27	A	JK133	VAK-ohjaus "Aikaohjelma 1"	DI	
	B	JK133	VAK-ohjaus "Aikaohjelma 2"	DI	
	C	JK133	VAK-ohjaus "Aikaohjelma 3"	DI	
	D	JK133	VAK-ohjaus "Hämäräkytkin"	DI	
1.3.29		Toimisto	Toimiston valaistuksen ohjaus	Läsnäoloanturi	Vakiovalosäädöllä
1.3.30	1	JK133	Toimiston ikkunavalot	DALI-osoite	
	2	JK133	Toimiston ikkunavalot	DALI-osoite	
	3	JK133	Toimiston ikkunavalot	DALI-osoite	
	4	JK133	Toimiston ikkunavalot	DALI-osoite	
	5	JK133	Toimiston muut valot	DALI-osoite	
	6	JK133	Toimiston muut valot	DALI-osoite	
	7	JK133	Toimiston muut valot	DALI-osoite	

**Tarkastustaulukot (ST 701.31)****Itselleluovutustestaus (Huom! Sähkösuunnittelija määrittää testitapaukset):**

Testitapaus	Pvm	Testasi	Tulos	Huom.
Kaikki valot päällä				
Päivätilanne				
Iltatilanne				
Kulkuvalot				
Valaistus kosketinkiskot				
Valaistus näyteikkuna				
Valomainokset				

**Toimintakoe (Huom! Sähkösuunnittelija määrittää testitapaukset):**

Testitapaus	Pvm	Testasi	Tulos	Huom.
Kaikki valot päällä				
Päivätilanne				
Iltatilanne				
Kulkuvalot				
Valaistus kosketinkiskot				
Valaistus näyteikkuna				
Valomainokset				